



INVESTOR IN PEOPLE

PN - JP2002022917 A 20020123

PD - 2002-01-23

PR - JP20000204989 20000706

OPD - 2000-07-06

TI - METHOD FOR MANUFACTURING REFRACTIVE INDEX  
DIFFRACTION GRATINGIN - SUGIDACHI ATSUSHI; KONO HIROYUKI; OKAMOTO TATSUKI;  
SATO YUKIO

PA - MITSUBISHI ELECTRIC CORP

IC - G02B5/18 ; G02B6/10 ; G02B6/16

© WPI / DERWENT

TI - Refractive index diffraction grating production for optical  
communication system, involves irradiating UV rays to specific area  
of optical waveguide which has hydrogen or deuterium thereby  
changing refractive index of area

PR - JP20000204989 20000706

PN - JP2002022917 A 20020123 DW200224 G02B5/18 008pp

PA - (MITQ ) MITSUBISHI ELECTRIC CORP

IC - G02B5/18 ; G02B6/10 ; G02B6/16

AB - JP2002022917 NOVELTY - Hydrogen (3) or deuterium is added to  
an optical waveguide. A flat beam (4) ultraviolet (UV) rays are  
irradiated to the predetermined area of the optical waveguide to  
change the refractive index of the predetermined area.- USE - For refractive index diffraction grating e.g. fiber grating,  
waveguide grating used in optical communication system.- ADVANTAGE - The increased refractive index effect is maintained  
for a long period of time due to the irradiation of UV rays. Hence,  
increases the stability of refractive index diffraction grating.- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the UV rays  
irradiation to the refractive index diffraction grating and the  
distribution of light intensity property of a flat beam. (Drawing  
includes non-English language text).

- Hydrogen 3

- Flat beam 4

- (Dwg.1/10)

OPD - 2000-07-06

AN - 2002-183788 [24]

© PAJ / JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)



INVESTOR IN PEOPLE

PN 2002022917 A 20020123

PD - 2002-01-23

AP - JP20000204989 20000706

IN - KONO HIROYUKI SUGIDACHI ATSUSHI KAMOTO TATSUKI SATO YUKIO

PA - MITSUBISHI ELECTRIC CORP

TI - METHOD FOR MANUFACTURING REFRACTIVE INDEX DIFFRACTION GRATING

AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing such a refractive index diffraction grating that can maintain the effect to enhance the changes in the refractive index by irradiation with UV rays for a long time without depending on the time having passed after the addition of hydrogen molecules to an optical waveguide and that has stable spectral characteristics can be obtained.

- SOLUTION: Hydrogen molecules are added to an optical fiber (optical waveguide) consisting of an optical fiber clad 1 and an optical fiber core 2 containing GeO<sub>2</sub>, and then the optical fiber is irradiated with a flat beam 4. After the optical fiber is stored at room temperature for 10 days, the fiber is subjected to heat annealing at 80 deg.C for three days. Then a specified region of the optical fiber is irradiated with fringe beams to manufacture a long period fiber grating (refractive index diffraction grating) which can maintain the effect to enhance the changes in the refractive index for a long time and which has stable spectral characteristics.

I - G02B5/18 ; G02B6/10 ; G02B6/16

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-22917

(P2002-22917A)

(43)公開日 平成14年1月23日(2002.1.23)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 2 B	5/18	G 0 2 B	5/18
	6/10		6/10
	6/16		6/16
			2 H 0 4 9
			C 2 H 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-204989(P2000-204989)

(22)出願日 平成12年7月6日(2000.7.6)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 河野 裕之

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 杉立 厚志

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(74)代理人 100062144

弁理士 青山 稔 (外1名)

最終頁に続く

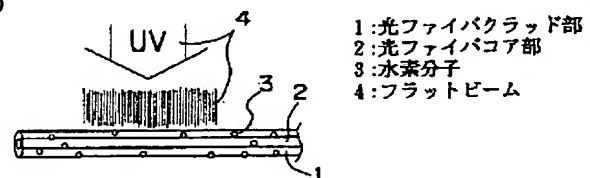
(54)【発明の名称】 屈折率回折格子の作製方法

(57)【要約】

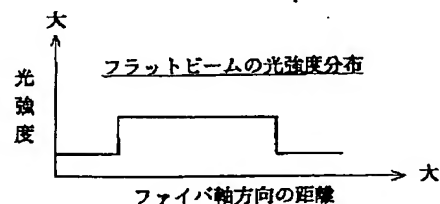
【課題】 光導波路への水素分子添加後の経過時間にかかわらず、紫外光照射による屈折率変化量の増大効果を長期にわたって維持することができ、さらには安定したスペクトル特性を有する屈折率回折格子を得ることができる屈折率回折格子の作製方法を提供する。

【解決手段】 光ファイバクラッド部1とGeO<sub>2</sub>を含む光ファイバコア部2とからなる光ファイバ(光導波路)に水素分子が添加され、この後光ファイバにフラットビーム4が照射される。そして、光ファイバは10日間室温で保管された後、3日間80℃のヒートアニールが施される。次に、光ファイバの所定の領域に縞状ビームが照射され、屈折率変化量の増大効果を長期にわたって維持することができ、かつ安定したスペクトル特性を有する長周期ファイバグレーティング(屈折率回折格子)が作製される。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光導波路に水素または重水素を添加し、前記光導波路の所定の領域に紫外光を照射して該領域の屈折率を変化させることにより、屈折率が光導波路軸線方向に交互に変化する回折格子を作製するようにした屈折率回折格子の作製方法において、水素または重水素が添加された前記光導波路に均一な強度分布の紫外光を照射し、

この後前記光導波路の所定の領域に、所定の強度分布の紫外光を照射して前記所定の領域の屈折率を変化させることを特徴とする屈折率回折格子の作製方法。

【請求項2】 前記所定の強度分布の紫外光が縞状の強度分布の紫外光であることを特徴とする請求項1に記載の屈折率回折格子の作製方法。

【請求項3】 前記均一な強度分布の紫外光を、フーリエ変換型位相ホログラムにより生成することを特徴とする請求項1または2に記載の屈折率回折格子の作製方法。

【請求項4】 前記均一な強度分布の紫外光の積算照射強度が $100\text{ J/cm}^2$ 以上であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の屈折率回折格子の作製方法。

【請求項5】 前記光導波路に均一な強度分布の紫外光を照射した後、前記光導波路を1日間以上常温雰囲気中に放置し、この後前記光導波路の所定の領域に前記所定の強度分布の紫外光を照射することを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の屈折率回折格子の作製方法。

【請求項6】 前記光導波路に均一な強度分布の紫外光を照射した後、前記光導波路を加熱し、この後前記光導波路の所定の領域に前記所定の強度分布の紫外光を照射することを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の屈折率回折格子の作製方法。

【請求項7】 前記光導波路の加熱を $60^\circ\text{C}$ 以上で行なうことを特徴とする請求項6に記載の屈折率回折格子の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、屈折率回折格子の作製方法に関するものであって、とくに、導波路グレーティング、ファイバグレーティングなどの、光導波路内の屈折率が光軸に沿って交互にないしは周期的に変化させられてなる屈折率回折格子を作製するための方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、光ファイバ等の光導波路を介して光情報を伝達する光通信システムには、光導波路内を伝播する光から特定の波長の光を選択し、あるいは不要な波長の光を除去するために光フィルタが設けられることがある。かかる光フィルタの1つとして、光導波路の

所定領域の屈折率がその軸線方向に交互にないしは周期的に変化させられてなる、すなわち所定領域内で屈折率が大きい部分と屈折率が小さい部分とが交互に交代している屈折率回折格子が知られている。

【0003】そして、例えば特開平8-286057号公報に開示されているように、かかる屈折率回折格子では、屈折率が大きい部分を、例えば $\text{GeO}_2$ 等が添加された石英からなる光導波路に水素を添加した後、該光導波路に紫外光を照射するなどといった手法で形成するようにしている。図10は、特開平8-286057号公報に開示されている、光導波路の1つである光ファイバに水素分子を添加して、屈折率回折格子の1つであるファイバグレーティングを作製する従来の手法において、光ファイバに水素分子を添加する工程で用いられる装置の縦断面を示す模式図である。

【0004】図10において、100は光ファイバ内に水素分子を添加するための炉心管である。101および102は、それぞれ、水素入口側及び水素出口側のバルブであり、炉心管100内に水素ガスを高圧で閉じ込めるためのものである。103は光ファイバである。

【0005】次に、従来の屈折率回折格子の作製方法を説明する。前記のとおり、屈折率回折格子は、光導波路中の光路の所定領域において光の進行方向の屈折率が交互にないしは周期的に変化するような格子状の構造をもつ。そして、例えば、光ファイバ103のコア部の屈折率が $0.5\mu\text{m}$ 程度の周期で変化ないしは変調させられた屈折率回折格子は、一般に短周期ファイバグレーティングと呼ばれ、伝播光のブラッグ反射により特定波長の光のみを反射させるデバイスとなる。また、コア部の屈折率が $50\sim 1000\mu\text{m}$ 程度の周期で変化ないしは変調させられた屈折率回折格子は、一般に長周期ファイバグレーティングと呼ばれ、コア伝播モードとクラッド伝播モードとの結合により、特定波長のコア伝播光を減衰させるデバイスとなる。

【0006】光ファイバ103にこのような屈折率変化を生じさせる手法としては、例えば次のようなものがある。すなわち、まずコア部に数 $\text{mol}\%$ の $\text{GeO}_2$ 等が添加された一般に用いられている石英系の光ファイバ103に水素分子を添加する。この水素分子が添加された光ファイバ103に紫外光を照射すると、コア部の紫外光照射領域に $10^{-2}\sim 10^{-4}$ 程度の大きな屈折率変化を生じさせることができる。具体的には、図10に示すように、コア部に $\text{GeO}_2$ を含んでいる石英系の光ファイバ103を、高圧水素が充填された容器である炉心管100内に閉じ込めることにより、光ファイバ103のコア部に水素分子を添加する。

【0007】次に、光ファイバ103の所定の領域に紫外光を照射することにより該領域の屈折率を変化（増加）させる。この場合、光ファイバ103のコア部には水素分子が存在するので、コア部に水素分子が存在しな

い場合に比べて、紫外光照射による屈折率の変化量が増大する。このため、紫外光のエネルギー照射量が小さくても、所望の反射効率あるいは損失効率をもつファイバグレーティングを得ることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、例えば図10に示すような装置を用いて行われる前記従来の屈折率回折格子の作製方法では、高圧水素が充填された容器である炉心管100から光ファイバ103を取り出した直後から、水素分子が光ファイバ103内から徐々に外界へ拡散してゆく。このため、水素分子添加後数日以内に紫外光照射を行わないと、紫外光照射による屈折率変化量の増大効果は得られないといった問題がある。

【0009】また、屈折率上昇効果は時間の経過に伴って変化してゆくの、紫外光をどの時点で照射するかにより、製作されたファイバグレーティングの回折特性が変わってしまうといった問題もある。さらに、ファイバグレーティングの作製後も、ファイバ内に残留している水素分子が移動するので、そのスペクトル特性が数時間のオーダーで大きく変化してしまい、安定状態でのスペクトル特性を予想してファイバグレーティングを作製するのが極めて難しいといった問題がある。

【0010】本発明は、上記従来の問題を解決するためになされたものであって、光導波路への水素分子添加後の経過時間にかかわらず、紫外光照射による屈折率変化量の増大効果を長期にわたって保持することができ、さらには安定したスペクトル特性を有する屈折率回折格子を得ることができる屈折率回折格子の作製方法を提供することを目的とし、解決すべき課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するためになされた本発明の第1の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法は、(i) 光導波路（例えば、石英系の光ファイバ）に水素または重水素を添加し、光導波路の所定の領域（以下、「回折格子形成領域」という。）に紫外光を照射して回折格子形成領域の屈折率を変化（増加）させることにより、屈折率が光導波路軸線方向に交互に（ないしは、周期的に）変化する回折格子を作製するようにした屈折率回折格子の作製方法において、(ii) 水素または重水素が添加された光導波路に均一な強度分布の紫外光を照射し、(iii) この後、光導波路の回折格子形成領域に、所定の強度分布の紫外光を照射して回折格子形成領域の屈折率を変化させることを特徴とするものである。

【0012】すなわち、この屈折率回折格子の作製方法は、水素または重水素が添加された光導波路に、所定の強度分布をもつ紫外光を照射して屈折率回折格子（屈折率グレーティング）を製作する前に、回折格子形成領域（屈折率回折格子加工部）に均一な光強度分布をもつ紫外光を照射することにより、屈折率増大効果を長期にわ

たって持続させることができるように構成したものである。

【0013】本発明の第2の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法は、本発明の第1の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法において、所定の強度分布の紫外光が縞状の強度分布の紫外光、すなわち光導波路軸線方向に、強度が大きい紫外光が照射される部分と、強度が小さい紫外光が照射される部分又は紫外光が照射されない部分とが交互に並ぶ紫外光であることを特徴とするものである。

【0014】本発明の第3の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法は、本発明の第1または第2の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法において、均一な強度分布の紫外光を、フーリエ変換型位相ホログラムにより生成することを特徴とするものである。

【0015】本発明の第4の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法は、本発明の第1～第3の態様のいずれか1つにかかる屈折率回折格子の作製方法において、均一な強度分布の紫外光の積算照射強度が $100\text{ J/cm}^2$ 以上であることを特徴とするものである。

【0016】本発明の第5の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法は、本発明の第1～第4の態様のいずれか1つにかかる屈折率回折格子の作製方法において、光導波路に均一な強度分布の紫外光を照射した後、光導波路を1日間以上常温雰囲気中に放置し、この後光導波路の回折格子形成領域に所定の強度分布の紫外光を照射することを特徴とするものである。

【0017】本発明の第6の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法は、本発明の第1～第4の態様のいずれか1つにかかる屈折率回折格子の作製方法において、光導波路に均一な強度分布の紫外光を照射した後、前記光導波路を加熱し、この後前記光導波路の回折格子形成領域に前記所定の強度分布の紫外光を照射することを特徴とするものである。

【0018】本発明の第7の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法は、本発明の第6の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法において、光導波路の加熱を $60^\circ\text{C}$ 以上で行なうことを特徴とするものである。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態、すなわち本発明にかかる屈折率回折格子（光導波路型回折格子）の作製方法を具体的に説明する。

実施の形態1. 図1(a)、(b)および図2(a)、

(b)は、本発明の実施の形態1にかかる屈折率回折格子（光導波路型回折格子）の作製方法を示す図である。

【0020】図1(a)または図2(a)において、1は、光ファイバ（光導波路）の光ファイバクラッド部であり、2は光ファイバコア部である。3は模式的に示された水素分子である（その大きさが極めて誇張されて記載されている）。4はフラットビーム、すなわち均一

な強度分布の紫外光である。5は縞状ビーム、すなわち縞状の強度分布の紫外光である。2aは、光ファイバコア部2に形成された高屈折部、すなわち屈折率の大きい部分である。なお、図1(b)はフラットビーム4の光強度分布、すなわち光ファイバ軸線方向の光強度変化を示している。また、図2(b)は、縞状ビーム5の光強度分布、すなわち光ファイバ軸線方向の光強度変化を示している。

【0021】この屈折率回折格子の作製過程においては、まず、光ファイバ内に水素分子が拡散させられ、該光ファイバに水素分子が添加される(水素添加工程)。この実施の形態1では、コア部に $\text{GeO}_2$ が含まれている普通の石英系の光ファイバを、圧力 $2.9 \times 10^6 \text{ Pa}$ (29気圧)の室温の水素ガス雰囲気中に11日間保管して、水素分子を添加するようにしている。

【0022】このように水素分子が添加された光ファイバに対して、図1(a)、(b)に示すように、フラットビーム4、すなわち均一な光強度分布をもつ紫外光が照射される。これにより、紫外光による光ファイバコア部2の屈折率上昇効果が光ファイバ内に惹起・保持される(閉じ込められる)。ここで、紫外光としては、例えばKrFエキシマレーザ(波長248nm)が用いられる。照射される積算エネルギー密度は、例えば $1000 \text{ J/cm}^2$ に設定される。この光ファイバから分子の形態で光ファイバ内に残留している水素を取り除くために、該光ファイバは、10日間室温雰囲気下に保管され、さらにこの後3日間80℃でヒートアニーリングが施される。

【0023】次に、長周期ファイバグレーティングの作製が行なわれる。なお、長周期ファイバグレーティングとは、本明細書の従来の技術の欄(段落[0005])でも説明したとおり、光ファイバのコア部の屈折率が50~1000 $\mu\text{m}$ 程度の周期で変化(変調)させられた屈折率回折格子であり、コア伝播モードとクラッド伝播モードとの結合により特定波長のコア伝播光を減衰させるデバイスである。

【0024】長周期ファイバグレーティング作製の紫外光源としては、例えばKrFエキシマレーザ(波長248nm)が用いられ、ホログラム一括露光法(例えば、レーザ学会第270回研究会報告No. RTM-99-42)により、図2(a)、(b)に示すように、縞状ビーム5すなわち縞状の光強度分布をもつ紫外光が照射される。縞状ビーム5は、例えば79本のピークをもち、周期 $\Lambda$ が297.1 $\mu\text{m}$ のものであり、照射される積算エネルギーは、例えば $9400 \text{ J/cm}^2$ に設定される。これにより、光ファイバコア2の、縞状ビーム5の光強度の大きい部分に対応する部位には、それぞれ高屈折率部2aが形成され、長周期ファイバグレーティングが完成する。

【0025】図3に、前記作製方法により実際に作製さ

れた長周期ファイバグレーティングの透過スペクトル、すなわち透過率(dB)の波長( $\mu\text{m}$ )に対する変化特性を示す。図4に、この長周期ファイバグレーティング作製時における透過スペクトルの透過率の大きさに基づいて本発明者が推定ないしは推算した、光ファイバコア2内で誘起された実効屈折率変化分の平均値 $\delta n$ の、照射エネルギーすなわち積算エネルギー照射量( $\text{J/cm}^2$ )に対する変化特性を示す。図5は、推定される光ファイバコア2中での光ファイバ軸線方向の屈折率分布を模式的に示す図である。

【0026】図4に示す結果からは、この屈折率回折格子の作製方法を用いる場合は、積算エネルギー照射量が適切であれば、実効屈折率変化分の平均値 $\delta n$ としては、少なくとも $1.5 \times 10^{-4}$ の値を得ることが可能であることがわかる。なお、図4においては、実効屈折率変化分の平均値のグラフが、積算エネルギー照射量の増加に対してまだ飽和に達していないものと認められるので、さらに積算エネルギー照射量を増加させれば、より大きな屈折率変化が生じるものと見込まれる。

【0027】図4に示されているこの紫外光に対する屈折率変化の反応性は、前記の場合と同様の光ファイバを用いて同一条件で水素添加を行ない、水素添加直後に長周期ファイバグレーティングを作製する場合において見積もられる反応性に比べて、およそ1/10程度の大きさである。しかしながら、前者(本発明にかかる作製方法)において照射エネルギーを10倍にすれば、後者と同等の屈折率変化が得られるので、その他の利点(「発明の効果」の欄参照)を考慮すれば、この反応性が低いといった不利益は十分に補われるものといえる。

【0028】図6は、作製後に室温で保管された長周期ファイバグレーティングの透過スペクトルの中心波長の経時変化、すなわち長周期ファイバグレーティング作製後の経過時間に対する変化特性を実測した結果を示すグラフである。図7は、この長周期ファイバグレーティングの透過率の経時変化、すなわち長周期ファイバグレーティング作製後の経過時間に対する変化特性を実測した結果を示すグラフである。

【0029】図6によれば、作製後200時間経過しても、長周期ファイバグレーティングの透過スペクトルの中心波長の変移はわずかなものであり、およそ2nmしか変移していないことが分かる。また、図7によれば、作製後200時間経過しても、長周期ファイバグレーティングの透過率の低下はわずかなものであり、およそ0.4dBしか低下していないことが分かる。

【0030】なお、この実施の形態1において具体的に挙げられている各数値は1つの例であり、本発明はこれらの数値に限定されるものではない。例えば、紫外光に対する誘起屈折率の変化の反応性を高めるためには、水素添加時の水素ガス圧力をさらに高めて例えば $1 \times 10^7 \text{ Pa}$ とすれば、約3倍の反応性が得られるものと推測

される。

【0031】また、この実施の形態1は、長周期ファイバグレーティングの作製についてのものであるが、これは本発明の実施の形態の一例に過ぎず、本発明はその他のタイプの屈折率回折格子、例えば短周期ファイバブラッググレーティングや、導波路基板上に屈折率グレーティングを書き込んだ導波路グレーティングなどにも同様に適用することが可能であるのはもちろんである。

【0032】実施の形態2.以下、本発明の実施の形態2を説明する。なお、実施の形態2にかかる屈折率回折格子の作製方法の大半は、実施の形態1にかかる屈折率回折格子の作製方法と共通であるので、説明の重複を避けるため、以下では主として実施の形態1と異なる点を説明する。図8は、本発明の実施の形態2にかかる屈折率回折格子（光導波路型回折格子）の作製方法を示す図である。図8において、10は光ファイバである。11はフラットビームである。12はレンズである。13はフーリエ変換型位相ホログラムである。14は紫外光源である。

【0033】この実施の実施2では、実施の形態1の場合と同様の均一な光強度分布をもつ紫外光であるフラットビーム11を生成するために、フーリエ変換型位相ホログラム13が用いられている。その他の点については、実施の形態1の場合と実質的に同一である。このようにフーリエ変換型位相ホログラム13を用いれば、光強度分布のばらつきを小さくすることができ、かつ光エネルギーの損失も少なくなる。光強度分布のばらつきが小さいと、縞状ビーム（図2（a）参照）すなわち縞状の紫外光を照射してファイバグレーティングを作製するときに、屈折率の縞状の分布も安定したものとなる。このため、安定した透過スペクトル特性が得られる。

【0034】実施の形態3.以下、本発明の実施の形態3を説明する。なお、実施の形態3にかかる屈折率回折格子の作製方法の大半は、実施の形態1ないし実施の形態2にかかる屈折率回折格子の作製方法と共通であるので、説明の重複を避けるため、以下では主として実施の形態1ないし実施の形態2と異なる点を説明する。

【0035】この実施の形態3にかかる屈折率回折格子（光導波路型回折格子）の作製方法においては、フラットビーム（図1（a）又は図8参照）すなわち均一な光強度分布をもつ紫外光の積算照射強度が、 $100\text{ J}/\text{cm}^2$ 以上の値に設定される。その他の点については、実施の形態1ないし実施の形態2の場合と実質的に同一である。

【0036】発明者の行なった実験によれば、フラットビームすなわち均一な光強度分布の紫外光の積算照射強度が $100\text{ J}/\text{cm}^2$ 以上であれば、実用的な屈折率変化量の増大効果が見込まれることが判明した。そこで、この実験結果に基づき、この実施の形態3では、紫外光の積算照射強度を上記数値に設定している。

【0037】実施の形態4.以下、本発明の実施の形態4を説明する。なお、実施の形態4にかかる屈折率回折格子の作製方法の大半は、実施の形態1ないし実施の形態3にかかる屈折率回折格子の作製方法と共通であるので、説明の重複を避けるため、以下では主として実施の形態1ないし実施の形態3と異なる点を説明する。

【0038】図9は、本発明の実施の形態4にかかる屈折率回折格子（光導波路型回折格子）の作製方法を示す図である。図9において、20は恒温槽である。実施の形態1で説明しているとおり、フラットビームすなわち均一な光強度分布をもつ紫外光を照射した後に、光ファイバ中に残留している水素を迅速に取り除くためには、ヒートアニールを行なうことが有効である。そこで、この実施の形態4では、この光ファイバを恒温槽20に入れ、 $80^\circ\text{C}$ で3日間ヒートアニールを施すようにしている。このようなヒートアニールが行なわれた後でも、紫外光に対する屈折率変化量の増大効果は保持される。

【0039】ヒートアニールにより水素分子が光ファイバ内から外界へ完全に脱離すれば、屈折率の変化量を安定させることができるといった利点がある。さらに、ファイバグレーティングの製作後も水素分子が存在しないので、透過スペクトルの特性の変化も小さいといった利点がある。なお、フラットビームが照射された後の光ファイバから残留している水素分子を取り除くためには、長期間常温中に光ファイバを放置しておいても良い。この場合、最低1日間の放置が必要であり、できれば1週間以上常温放置するのが望ましい。

【0040】

【発明の効果】本発明の第1の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法によれば、水素添加を行なった光導波路に屈折率回折格子（屈折率グレーティング）を紫外光照射によって製作する前に、回折格子形成領域（グレーティング加工部）に均一な光強度分布をもつ紫外光を照射するようにしているので、屈折率増大効果を長期にわたって持続させることができる。

【0041】本発明の第2の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法によれば、基本的には本発明の第1の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法の場合と同様の効果が得られる。さらに、所定の強度分布の紫外光が縞状の強度分布の紫外光であるので、屈折率回折格子を容易に作製することができる。

【0042】本発明の第3の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法によれば、基本的には本発明の第1又は第2の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法の場合と同様の効果が得られる。さらに、フーリエ変換型位相ホログラムを用いるので、容易に均一な強度分布の紫外光を生成することができる。

【0043】本発明の第4の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法によれば、基本的には本発明の第1～第3の態様のいずれか1つにかかる屈折率回折格子の作製方

法の場合と同様の効果が得られる。さらに、均一な強度分布の紫外光の積算照射強度を  $100 \text{ J/cm}^2$  以上の値に設定しているため、屈折率回折格子（グレーティング）の製作時に十分な屈折率変化量を得ることができる。

【0044】本発明の第5の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法によれば、基本的には本発明の第1～第4の態様のいずれか1つにかかる屈折率回折格子の作製方法の場合と同様の効果が得られる。さらに、光導波路に均一な強度分布の紫外光を照射した後、1日間以上常温中に放置し、この後で紫外光照射により屈折率回折格子を作製するようにしている。このため、水素分子を光導波路内から有効に脱離させることができ、屈折率の変化量を安定させることができる。さらに、屈折率回折格子の作製後も水素分子が存在しないので、透過スペクトルの特性の変化が小さくなる。

【0045】本発明の第6の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法によれば、基本的には本発明の第1～第4の態様のいずれか1つにかかる屈折率回折格子の作製方法の場合と同様の効果が得られる。さらに、光導波路に均一な強度分布の紫外光を照射した後、光導波路を加熱し、この後で紫外光照射により屈折率回折格子を作製するようにしている。このため、水素分子を光導波路内から有効に脱離させることができ、屈折率の変化量を安定させることができる。さらに、屈折率回折格子の作製後も水素分子が存在しないので、透過スペクトルの特性の変化が小さくなる。

【0046】本発明の第7の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法によれば、基本的には本発明の第6の態様にかかる屈折率回折格子の作製方法の場合と同様の効果が得られる。さらに、光導波路の加熱を  $60^\circ\text{C}$  以上で行なうようにしているため、水素分子を光導波路内から速やかに脱離させることができ、速やかに屈折率の変化量を安定させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 (a) は、本発明の実施の形態1にかかる長周期ファイバグレーティング（屈折率回折格子）の作製過程において、紫外光による屈折率変化量を増大させるために、均一な光強度分布をもつ紫外光（フラットビーム）を照射する工程を示す図であり、(b) は、フラットビームの光強度分布特性を示す図である。

【図2】 (a) は、本発明の実施の形態1にかかる長

周期ファイバグレーティングの作製プロセスにおける縞状ビームの照射工程を示す図であり、(b) は、縞状ビームの光強度分布特性を示す図である。

【図3】 本発明の実施の形態1にかかる方法で作製された長周期ファイバグレーティングの透過スペクトルを示す図であり、異なる3つの照射エネルギーにより作製された各グレーティングの透過スペクトルが示されている。

【図4】 本発明の実施の形態1にかかる方法で作製された長周期ファイバグレーティングにおいて、光ファイバコア内で誘起された実効屈折率変化分の平均値  $\delta n$  と積算照射エネルギー量との関係を示す図である。

【図5】 本発明の実施の形態1にかかる方法で作製された長周期ファイバグレーティングにおける、光ファイバコア部での実効屈折率（コア屈折率）の光ファイバ軸方向についての分布特性を示す図である。

【図6】 本発明の実施の形態1にかかる方法で長周期ファイバグレーティングを作製した後、これを室温で保管した場合における、長周期ファイバグレーティングの透過スペクトルの中心波長の経時変化を示す図である。

【図7】 本発明の実施の形態1にかかる方法で長周期ファイバグレーティングを作製した後、これを室温で保管した場合における、長周期ファイバグレーティングの透過スペクトルのピーク透過率の経時変化を示す図である。

【図8】 本発明の実施の形態2において、均一な光強度分布をもつ紫外光を生成するためのレーザ光学系の模式図である。

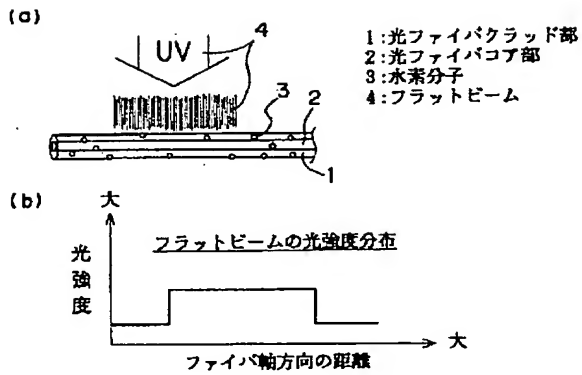
【図9】 本発明の実施の形態4において、水素脱離のためのヒートアニール工程で用いられる装置の断面模式図である。

【図10】 紫外光に対する屈折率増加効果を高めるための従来の水素添加工程で用いられる装置の断面模式図である。

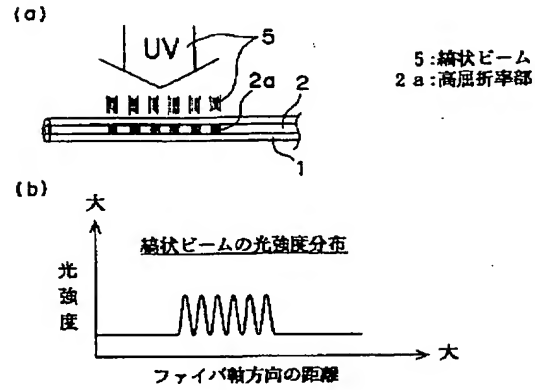
#### 【符号の説明】

1 光ファイバクラッド部、 2 光ファイバコア部、  
2a 高屈折率部、3 水素分子、4 フラットビーム、  
5 縞状ビーム、10 光ファイバ、11 フラットビーム、  
12 レンズ、13 フーリエ変換型位相ホログラム、  
14 紫外光源、20 恒温槽。

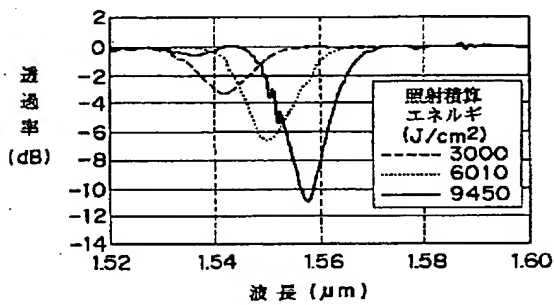
【図1】



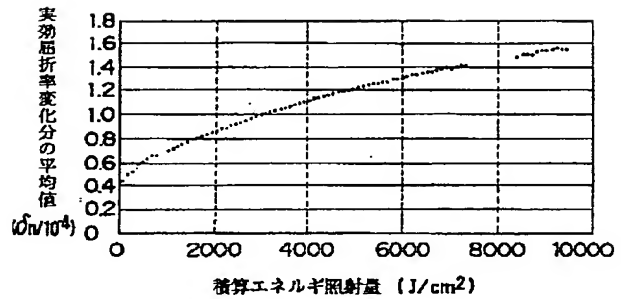
【図2】



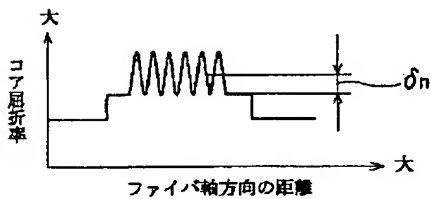
【図3】



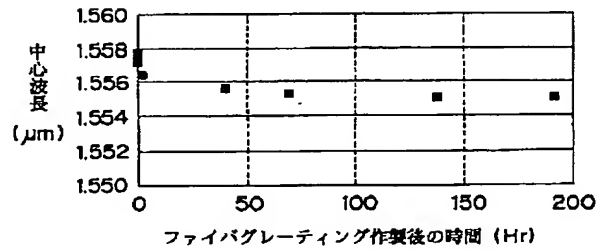
【図4】



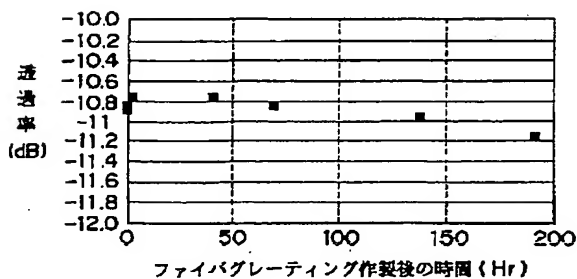
【図5】



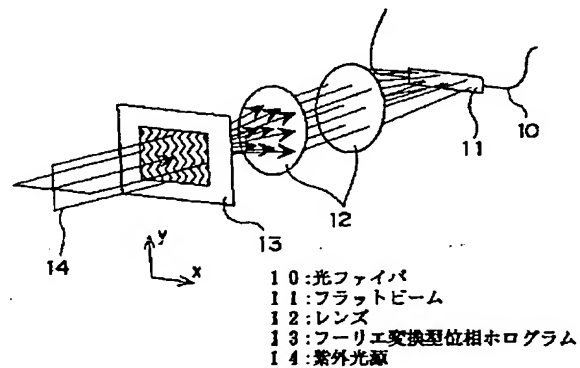
【図6】



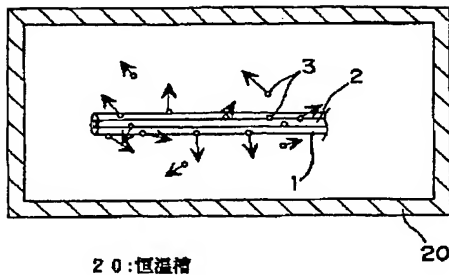
【図7】



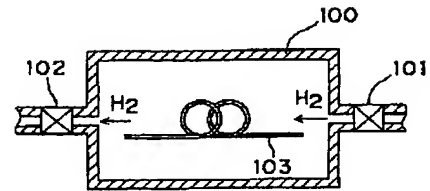
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 岡本 達樹  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 佐藤 行雄  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
Fターム(参考) 2H049 AA25 AA34 AA44 AA45 AA59  
AA62  
2H050 AB05X AB18Z ACS2 AC84